

PROCESSOS PARA A VALORIZAÇÃO DO SORO DE QUEIJO

J. A. Teixeira

Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal.

INTRODUÇÃO

A transformação do leite em queijo e caseinato conduz à formação de um subproduto – o soro de queijo – que contém a maior parte da fase aquosa do leite, incluindo o açúcar do leite (lactose), sais minerais e proteínas séricas de elevado valor, obtendo-se 9-10 litros de soro por cada quilo de queijo produzido. O soro é caracterizado pela sua elevada carga poluente, sendo que 1000 litros de soro têm a mesma capacidade poluente de 600 habitantes / dia.

Até ao fim dos anos 70 do século XX, do soro só eram obtidos produtos na forma líquida, diferindo entre si no pH e conteúdo em sais minerais. De então para cá, tecnologias inovadoras, tais como a ultra e a micro-filtração, foram aplicadas pela indústria de laticínios, tecnologias que permitiram não só resolver o problema ambiental associado à produção de soro mas também a obtenção de uma alargada gama de produtos de interesse comercial, incluindo soro em pó, concentrados e isolados proteicos de soro

A nível mundial, nos últimos anos, verificou-se uma tendência para um contínuo aumento da produção de soro, conforme se pode deduzir a partir da produção de queijo - Tabela 1 [3].

Tabela 1 – Evolução da produção mundial de queijo

Produção de queijo (10 ³ ton)						
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
União Europeia	6083	6295	6409	6448	6415	6417
Estados Unidos e Canadá	3693	3807	3938	4002	4085	4126
América do Sul e Central	820	814	832	903	914	876
Austrália e Nova Zelândia	427	432	503	552	571	602
Total no Mundo	14429	14550	14897	15167	15313	15378

Como acima referido, o soro contém na sua composição a lactose do leite e proteínas de elevado valor, conforme indicado na Tabela 2, [2,9]. Pela simples análise destes valores, podemos ter uma ideia das quantidades de proteína e lactose disponíveis no soro. Se adicionarmos a estes valores as excelentes propriedades nutritivas e funcionais das proteínas do soro e as aplicações existentes e potenciais da lactose facilmente concluímos do interesse existente na sua valorização.

Tabela 2 – Composição do soro

Componente	Queijos curados*	Queijos de pasta mole*
Lactose	45,0-52,0	45,0-53,0
Proteína	6,5-9,5	8,5-10,5
Minerais	3,7-9,5	5,0-8,0
Ácido láctico	1,3-6,2	2,1-10,0
Gorduras	0,5-6,3	1,0-2,9
Matéria seca	62,0-73,0	63,0-71,0

* quantidades expressas em g/L.

VALORIZAÇÃO DO SORO

A solução utilizada até à década de 70 do século passado para a descarga do soro consistia na sua deposição em terrenos e na sua utilização na alimentação de porcos. Todavia, a elevada carga contaminante do soro exigiu a utilização de outras alternativas tendo sido implementada a secagem por atomização que conduziu à obtenção do “soro em pó”, cuja produção na União Europeia era, em 2000, de 1,42 milhões de toneladas. Todavia, esta solução, embora resolvendo o problema ambiental e dando origem a um produto com vasta aplicação no sector alimentar, não permitiu que fossem exploradas todas as excelentes propriedades das proteínas séricas, cujo teor no soro é representado na Tabela 3 [4,9].

Tabela 3 - Propriedades e concentração das proteínas do soro

Proteína	Massa molecular (KDa)	Concentração (g/L)	Ponto Isoelétrico
β -lactoglobulina	18,362	2,7	5,2
α -lactalbumina	14,147	1,2	4,2-4,8
Albumina Bovina (BSA)	69,0	0,4	4,7-4,9
Imunoglobulinas	15,0 – 1000,0	0,65	5,5-8,3
Peptonas	4,1 – 40,8	1,4	3,3-3,7
Lactoferrina	78	0,1	9,0
Lactoperoxidase	89	0,02	9,5

Surgiram, então, novas soluções para a recuperação destas proteínas, conforme indicado na figura 1 [9].

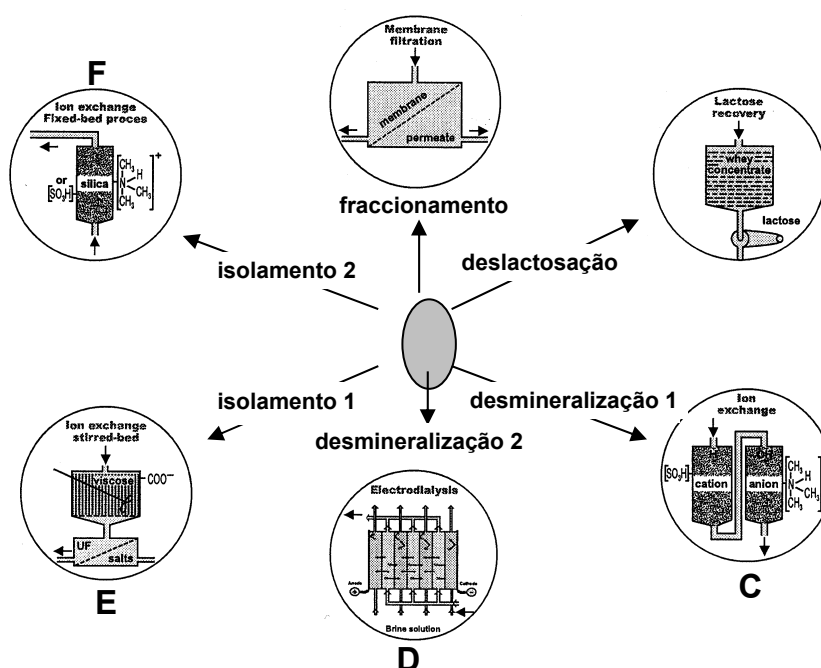


Fig. 1 – Processos para a recuperação das proteínas do soro

A implementação destas técnicas, baseadas na utilização de sistemas de membranas e processos de troca iónica, levou à obtenção de diferentes produtos comerciais à base de proteínas de soro, nomeadamente:

- concentrados proteicos – CPS - com teores em proteínas entre 35 e 80% em massa, obtidos por ultrafiltração (com diafiltração no caso dos CPS 80)
- isolados proteicos - IPS – com teores em proteínas superiores a 95%, obtidos por cromatografia iónica e/ou membranas
- β -lactoglobulina
- α -lactalbumina

Tabela 4 – Evolução da produção dos principais derivados de soro na Europa Ocidental, entre 1991 e 1995 (ton)

	1991	1995
Soro em pó	960000	600000
Soro desmineralizado em pó	100000	180000
Concentrados proteicos de soro	40000	230000
Lactose	300000	160000

A importância crescente destas técnicas no processamento do soro de queijo é confirmada pelos valores apresentados na Tabela 4 [2], onde é evidente um importante aumento na produção de concentrados proteicos.

APLICAÇÕES DAS PROTEÍNAS DO SORO

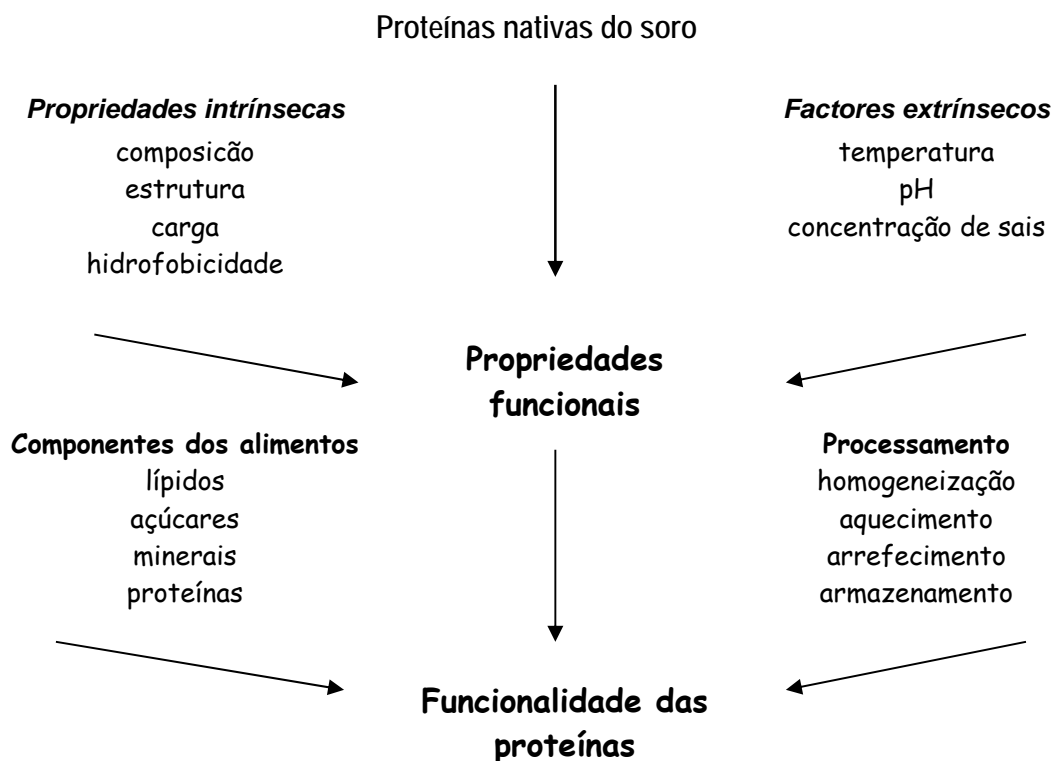


Fig.2– Interação entre os parâmetros que definem a funcionalidade das proteínas do soro.

A funcionalidade das proteínas do soro e a sua aplicação em produtos alimentares resulta da interacção entre vários factores, conforme se esquematiza na Fig.2 [4,9], sendo muito difícil prever o comportamento das proteínas do soro em alimentos. Para uma melhor previsão das propriedades dos CPS em alimentos, é necessário o estabelecimento de relações entre as propriedades “intrínsecas” das proteínas do soro e factores externos. As proteínas nativas do soro, tal como se encontram no leite, reflectem um conjunto de propriedades funcionais, tais como solubilização, formação de espumas, emulsificação e gelificação, dos CPS. Estas propriedades, frequentemente determinadas em sistemas aquosos, não estão directamente relacionadas com as observadas em alimentos. O comportamento das proteínas do soro nos alimentos é uma característica diferente a que chamamos funcionalidade. Esta característica reflecte o modo como as proteínas interactivam com os componentes do alimento e são consequência do processamento a que foram sujeitas.

A análise da Fig.3 permite avaliar quão vasta e diversificada é a aplicação das proteínas do soro em produtos alimentares.

Deve também ser evidenciada a importância cada vez maior que assume a utilização e aplicação das proteínas do soro em alimentos ligados à saúde (na preparação de nutracêuticos, fármacos e alimentos dietéticos).

Como anteriormente foi indicado, além dos concentrados proteicos de soro, obtidos por ultrafiltração (CPS 35 e 60) e por ultrafiltração com diafiltração (CPS 80), outros produtos podem ser obtidos a partir das proteínas do soro de queijo. Faremos, de seguida, uma breve descrição do modo de produção e das principais aplicações desses derivados do soro.

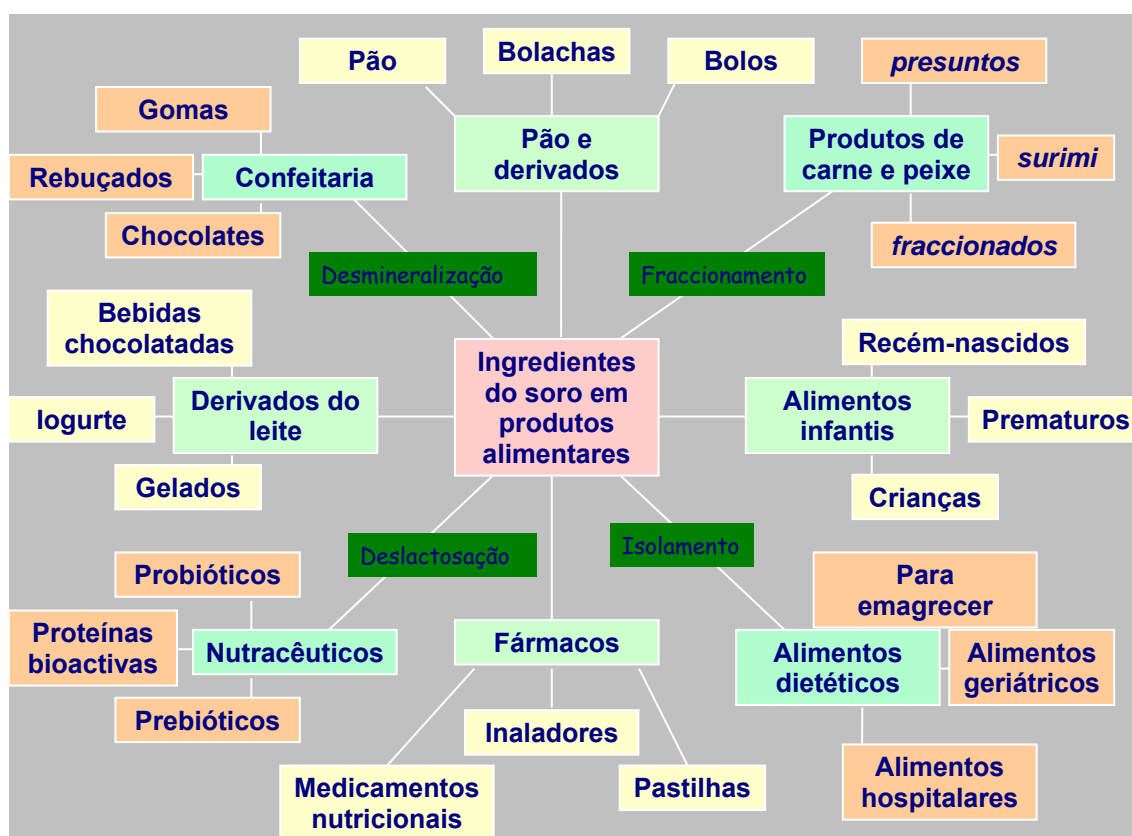


Fig. 3 – Aplicação de derivados do soro em produtos alimentares

ISOLADOS PROTEICOS – IPS

Os isolados proteicos são produtos em que o teor em proteína é, pelo menos, 90%. Podem ser obtidos por processos de membranas ou por cromatografia de permuta iônica (quer catiónica quer aniônica). Naturalmente que o processo utilizado conduz a isolados proteicos com diferentes propriedades, sendo que a principal diferença se situa no teor em glicomacropéptido (Tab.5) [5,9].

Tabela 5 – Composição da fracção proteica dos isolados de proteínas do soro conforme o processo de isolamento utilizado

Proteínas	Cromatografia de permuta catiónica	Cromatografia de permuta aniônica	Processos de membrana
β -lactoglobulina	80	68	50
α -lactalbumina	14	10	22
Albumina do soro bovino	3	2.5	2
Imunoglobulinas	3	2.5	5
Glicomacropéptido	0	17	21

Tendo em conta que os IPS de soro têm custos de produção bastante superiores aos dos CPS, a sua aplicação ocorre em produtos alimentares mais caros e que têm exigências muito elevadas em termos de propriedades funcionais e nutritivas. Podemos citar como aplicações dos IPS a substituição da clara do ovo em produtos de alta qualidade, a utilização em bebidas tendo em conta a sua elevada solubilidade e excelentes propriedades organolépticas e, mais recentemente, a sua incorporação como ingrediente em alimentos funcionais.

β -LACTOGLOBULINA

Vários processos existem para a obtenção de β -lactoglobulina de elevada pureza. Um processo recentemente desenvolvido, que permite a obtenção de β -lactoglobulina com 99% de pureza engloba a seguinte sequência de operações: microfiltração, ultrafiltração e diafiltração, acidificação do retentado para remover as caseínas seguida de acidificação e centrifugação para separar a β -lactoglobulina das outras proteínas. A este passo segue-se um passo de purificação em que se usa ultra- e diafiltração. Finalmente, a fracção purificada é seca por liofilização. Este processo impede que a β -lactoglobulina seja lactosilada o que teria consequências negativas nas propriedades funcionais e estruturais do produto. As excelentes propriedades funcionais da fracção assim obtida leva a que seja aplicada numa grande variedade de produtos (Tabela 6) [6,9].

Tabela 6 - Propriedades funcionais da β -lactoglobulina e aplicações em alimentos

Propriedade funcional	Alimentos
Solubilidade	Bebidas, sumos, bebidas saudáveis e para atletas, produtos terapêuticos/nutricionais
Viscosidade	Sopas, sobremesas, sumos de frutas, bebidas
Gelificação	Bolos, queijo, iogurte, produtos de confeitaria, substituto da gordura em produtos com pouca gordura

Retenção de água	Carne, enchidos, bolos, pão
Adsorção, adesão	Carne, enchidos. Pode causar “fouling” nos equipamentos
Emulsificação	Enchidos, sopas, bolos, “mayonnaise”
Capacidade espumante	Bolos, sobremesas, gelados, merengues, substituto da clara do ovo
Cor e sabor	Merengues, candies

Outra característica importante da β -lactoglobulina é a sua elevada razão de eficiência proteica (3,5) que, devido ao seu teor equilibrado em aminoácidos essenciais, é mais elevada que a das caseínas (2,5) e das proteínas de soja (1,7).

α -LACTALBUMINA

A principal aplicação da α -lactalbumina é no enriquecimento de produtos para alimentação infantil, uma vez que existe uma elevada homologia entre as estruturas primárias da α -lactalbumina humana e bovina e que a grande maioria das formulações actualmente utilizadas para a alimentação infantil apresenta um teor baixo de α -lactalbumina (20% menor do que o do leite humano) [7,9].

No que se refere à sua produção, as soluções existentes incluem a precipitação isoelétrica, os processos de membrana e os processos cromatográficos. Naturalmente que existem vantagens e desvantagens em cada um dos métodos.

PROTEÍNAS PRESENTES EM MENORES CONCENTRAÇÕES

Para além das proteínas acima referidas, existem no soro de queijo proteínas presentes em pequenas concentrações que possuem propriedades que as tornam particularmente atraentes para utilização, não só no sector alimentar, mas também em aplicações ligadas à saúde.

Tabela 7 - Proteínas presentes em menor concentração (constituintes menores)

Proteína	Modo de purificação	Função
Imunoglobulinas	cromatografia de permuta iónica e cromatografia de afinidade	actividade anti-microbiana
Lactoferrina	cromatografia de troca catiónica, seguida de UF e DF	actividade anti-bacteriana - transportador de ferro regulação do sistema imunitário redução de infecções nos ouvidos (em crianças) formulação de leite similar ao leite materno
Lactoperoxidase	cromatografia de troca catiónica, seguida de UF e DF	acção bacteriostática e bactericida inibição do crescimento bacteriano no leite redução das cáries dentárias
Glicomacropéptido	cromatografia de troca aniónica	inclusão na alimentação de indivíduos com fenilcetonúria inibição da coagulação sanguínea regulação da digestão

Osteopontina		formação de osso envolvimento em processos pato-biológicos (resistência à infecção, formação de placas arterioescleróticas; cancro,...)
Lactoforina		propriedades funcionais (emulsificação, inibição da actividade de lipase, espumante)
Proteose peptona 3		inibição da actividade lipolítica bom emulsificante actividade de defesa imunitária estímulo do crescimento de bifidobactérias
Imp. – proteínas termo-sensíveis.		

De entre estas podemos referir como mais importantes as imunoglobulinas, a lactoferrina, a lactoperoxidase e o glicomacropéptido (Tabela 7) [8,9].

HIDROLISADOS DE PROTEÍNAS DO SORO

Por hidrólise das proteínas do soro, obtêm-se péptidos que após absorção, vão actuar como compostos reguladores, apresentando diferentes funções fisiológicas no organismo, nomeadamente, actividade antimicrobiana, imunomoduladora, anti-hipertensiva, anti-trombótica, opióide, ligação a minerais, etc [1], estando descritos efeitos benéficos destes compostos na alimentação da criança, pois esta apresenta uma actividade proteolítica limitada no tracto digestivo. Pode-se afirmar que todos os produtores de alimentos infantis colocaram no mercado produtos que contêm hidrolisados de proteínas do soro de queijo.

Pelo referido, estes péptidos bioactivos constituem potenciais nutracêuticos com aplicação na indústria farmacêutica e alimentar. No entanto, muito falta ainda conhecer sobre as interacções que se verificam entre estes péptidos e outros constituintes alimentares, nomeadamente polissacáridos, interacções essas que se reflectem na textura e estabilidade dos sistemas alimentares em que são incorporados. [10,11].

LACTOSE

A lactose é o principal constituinte do soro sendo obtida por cristalização do soro concentrado ou do permeado de ultrafiltração concentrado. Entre as aplicações da lactose, podemos referir (Tab 8)

Tabela 8 – Aplicações da lactose

Aplicação	Exemplos
Indústria Alimentar	Formulações para crianças, panificação, pastelaria, bebidas, lacticínios, molhos e sobremesas geladas
Indústria da Fermentação	Substrato de fermentação para produzir uma série de produtos petroquímicos e alimentares, dentro dos quais etanol, lactato, propionato, acetato e goma de xantano
Produção de derivados de lactose	Lactulose, lactitol, ácido lactobiónico e oligossacáridos
Indústria Farmacêutica	Excipiente na formulação de medicamentos

A lactose é, quantitativamente, o excipiente mais importante em aplicações farmacêuticas. Apesar das aplicações referidas, o desenvolvimento de novas aplicações para a lactose constitui um importante desafio para a indústria de lacticínios. Na realidade, o principal

mercado da lactose – mercado farmacêutico – está saturado e todas as vias para a modificação química da lactose, embora de sucesso, destinam-se à obtenção de produtos para mercados reduzidos. Em todo o mundo, a indústria de laticínios está à procura de mercados maiores mas o valor económico dos produtos contendo lactose é reduzido. Estima-se que existe, a nível mundial, um excesso de 550000 toneladas de lactose por ano, correspondendo a uma capacidade poluente de 18 milhões de pessoas [12]. A bio-transformação constitui uma alternativa do maior interesse para a valorização da lactose. Alguns “nichos” de mercado já estão ocupados (produção de álcool alimentar – processo Carberry , e propionato para panificação), tendo outras alternativas sido consideradas sem sucesso comercial (produção de vinagre, de cerveja, de ácido láctico e de biomassa). Existem, todavia, ainda inúmeras possibilidades para a produção de bio-metabolitos que ainda não foram consideradas [12].

CONCLUSÃO

A valorização dos componentes do soro é uma actividade em permanente crescimento na indústria de laticínios e é cada vez mais importante olharmos para o soro como uma matéria-prima para a obtenção de produtos com elevado interesse e não como um sub-produto do fabrico de queijo.

BIBLIOGRAFIA

1. Biologically active peptides from milk proteins with emphasis on two examples concerning antithrombotic and immunomodulating activities, A.M. Fiat, D.M. Samour, P. Jollès, L. Drouet, C. Sollier, J. Caen, *J. Dairy Sci.*, 76, 301-310, 1993.
2. Estudo de Mercado do Soro Lácteo em Portugal, ANIL, pags. 5-6, Setembro 2000.
3. The World Market for Cheese Production 1990-1999, 5th Edition, Bulletin of the International Dairy Federation, 359, 2001.
4. Whey Protein Concentrates: manufacture, composition and applications, de Wit, J. N., Industrial Proteins, *Senter*, 9(3), 3-5, 2001.
5. Whey Protein Isolates: manufacture, properties and applications, de Wit, J. N., and Moulin, J, Industrial Proteins, *Senter*, 9(3), 6-8, 2001.
6. β -lactoglobulin – a whey protein with unique properties, Visser, H., Paulsson, M., Industrial Proteins, *Senter*, 9(3), 9-12, 2001.
7. α -lactalbumin: an ingredient for enriching infant formulas, Chatterton, D. E. W., Industrial Proteins, *Senter*, 9(3), 13-15, 2001.
8. Defence proteins in milk, Mallée, L. F., Steijns, J.M., Industrial Proteins, *Senter*, 9(3), 16-19, 2001.
9. Lecturer's Handbook on whey and whey products, 1st Edition, de Wit, J. N., EWPA, 2001.
10. Protein-polysaccharide interactions, Doublier, J-L., Garnier, C., Renard, D. & Sanchez, C. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 5, 202-214, 2000.
11. Some physico-chemical aspects of protein processing in foods. Multicomponent gels, Tolstoguzov, V. B., *Food Hydrocolloids*, 9, 317 – 332, 1995.
12. New Wheys for lactose, Lifran, E.V., Hourigan, J.A., Sleight, R.W. and Johnson, R.L., *Food Australia* 52 (4) April, 120-125, 2000